

Suojelualueiden rooli lintujen sopeutumisessa ilmastonmuutokseen

CAMILLA VIHANTA
LUK-TUTKIELMA
BIOLOGIAN TUTKINTO-OHJELMA
OULUN YLIOPISTO
MARRASKUU 2020

SISÄLLYSLUETTELO

Tiivistelmä.....	2
1. Johdanto	3
2. Ilmastonmuutos.....	4
2.1. Fysikaaliset seuraukset	4
2.2. Fysikaalisten tekijöiden vaikutus eliöstöön.....	4
2.3. Vaikutus lintuihin.....	6
2.4. Sopeutuminen	7
3. Suojelualueet	10
3.1. Suojelualueet ja ilmastonmuutoksen vaikutukset	11
3.2. Suojelualueet ja lainsäädäntö.....	12
4. Pohdinta	14
5. Lähteet	18

Tiivistelmä

Ilmastonmuutos on uhka monelle eliölle. Sen aiheuttamat muutokset tuovat haasteita sopeutumisessa ilmastonmuutokseen. Monet lajit hakevat suojaa suojelualueilta, jotka toimivat turvapaikkoina ja ponnahduslautoina. Suojelualueita sijaitsee joka puolella maapalloa, ja niistä vastaavat alueiden perustamismaat. Lisäksi Eurooppaan on perustettu Natura2000-verkosto. Suojelualueiden tehtävänä on ylläpitää luonnon monimuotoisuutta ja täten ne ovatkin usein koskemattomin ympäristö.

Suojelualueita perustaessa ei oteta huomioon ilmastonmuutoksen tuomia vaikutuksia, jolloin niiden rooli ilmastonmuutoksen hillinnässä voi olla puutteellista. Lajit sopeutuvat ilmastonmuutokseen muuttamalla niiden levinneisyyttä, fenologiaa tai käyttäytymistä. Yksilötason muutoksilla on merkitystä ekologisiin vuorovaikutussuhteisiin, populaatioon sekä ekosysteemien toimintaan. Linnuilla levinneisyyden muutoksia on tarkasteltu pitkällä aikavälillä, ja sen vuoksi sopivat hyvin tutkimuskohteeksi. Lintujen lentokyky mahdollistaa nopeat levinneisyyden muutokset. Toinen merkittävä ilmastonmuutoksen tuoma muutos linnuille on niiden muuttopäivien ja pesinnän aikaistuminen.

Haasteeksi suojelualueille on muodostunut säilyä turvapaikkana, josta useammat lajit hyötyvät. Vaihtuvat ilmastolliset olot tuovat vaihtuvuutta suojelualueille, jolloin niiden suunnittelussa tulisi kiinnittää huomiota niiden suojelutarkoituksiin. Laji voi joissain tapauksissa jättää suojelualueen, jolloin se saattaa altistua ilmastonmuutoksen muille uhille. Suojelualueiden joustavuuden vuoksi ne pystyvät kuitenkin täyttämään suojelutarkoituksensa jonkin toisen lajin kohdalla.

Ratkaisuja suojelualueiden tavoitteiden säilyttämiseksi on monia. Ehdotuksia on esimerkiksi siitä, että suojelualueiden tulisi keskittyä suojelemaan useaa lajia muutaman avainlajin sijaan. Yhteistyö sekä lakien päivittäminen ajan tasalle ilmastonmuutoksen suhteen ovat ehdotettuja ratkaisumalleja.

Tutkimukset ovat osoittaneet, että lintujen käyttäessä hyväksi suojelualueita, ne pystyvät sopeutumaan paremmin ilmastonmuutokseen. Suojelualueiden sisällä lajirikkaudet ja -määrät ovat korkeampia kuin niiden ulkopuolisilla alueilla. Vaikka suojelualueet eivät pystyisi pitämään yllä niille tarkoitettua suojelutavoitetta, niillä on silti tärkeä rooli biodiversiteetin ylläpitämisessä myös jatkossa.

1. Johdanto

Yhä useammalle lajille suojelualueet toimivat turvapaikkoina, joista lajit hyötyvät mm. etsiessään parempia ilmastollisia olosuhteita (Peach ym, 2019). Peachin ym (2019) mukaan luonnon monimuotoisuuden ja suojelualueiden tehokkuuden ylläpitäminen on kuitenkin haaste. Vaikka suojelualueilla on mahdollisuus säilyttää ja suojella lajeja, sukupuutot ja niiden runsauden muutokset ovat silti suuri uhka maapallon monimuotoisuuden ylläpitämisessä (Peach ym., 2019).

Suojelualueita ovat esimerkiksi luonnonpuistot, ja kansallispuistot, joiden suunnittelusta vastaa sen perustama maa, ja jotka ovat luonnontilaiseksi jätettyjä alueita (Araújo, Alagador, Cabeza, Nogués-Bravo, & Thuiller, 2011). Suojelualueiden lisäksi on olemassa erilaisia luonnonsuojelualueita, joiden tarkoitus on säilyttää tietty luontotyyppi tai eliölaji (Luonnonsuojelulaki [LSL] 3:10§) Eurooppaan on perustettu Natura2000-verkosto biodiversiteetin ylläpitämiseksi. (Araújo ym, 2011) Jotta ilmaston muuttumiseen liittyvät tavoitteet saavutettaisiin, on otettava huomioon, kuinka suojelustrategiat lieventäisivät ilmastonmuutoksen biodiversiteetti- ja lajivaikutuksia (Araújo ym., 2011).

Ilmastonmuutos vaikuttaa kokonaisvaltaisesti kaikkeen kaikilla biologisen hierarkian tasoilla (Bellard, Bertelsmeier, Leadley, Thuiller, & Courchamp, 2012). Ilmastonmuutoksen vaikutukset näkyvät eri lajeilla, sillä useiden tutkimusten perusteella on todettu lajien muuttavan fenologiaansa sekä maantieteellistä jakaumaansa (Araújo ym., 2011). Jotta lajit pystyvät selviämään ilmastonmuutoksen tuomista erilaisista muutoksista, niiden täytyy kehittää erilaisia sopeutumistapoja, jotka ovat tarpeeksi nopeita (Bellard ym., 2012).

Linnut reagoivat ilmastonmuutokseen muuttamalla maantieteellistä levinneisyyttään (Triviño, Kujala, Araújo, & Cabeza, 2018). Hyvän dispersaaliyvyn ansiosta levittäytyminen on nopein tapa reagoida ilmastonmuutoksen tuomiin muutoksiin (Bellard ym, 2012).

Ilmastonmuutoksen tuomien muutosten myötä voidaan ennustaa, että lajien levinneisyyden muutokset köyhdyttävät suojelualueita ja täten heikentävät niiden suojelukykyyä (Beale, Baker, Brewer, & Lennon, 2013). Toiset ennusteet taas luottavat suojelualueiden ekosysteemien joustavuuteen, ja täten niiden kykyyn vastata ilmastonmuutoksen tuomiin muutoksiin (Beale ym., 2013).

2. Ilmastonmuutos

Ilmastonmuutos on aiheuttanut maapallolla vähintään 0.75 asteen lämpötilan nousun. (Møller, 2013). Monimuotoisuutta uhkaa ilmastonmuutoksen osatekijät, kuten elinympäristöjen pirstoutuminen, saastuminen, luonnonvarojen liiakäyttö, sekä biologiset invaasiot (Bellard ym., 2012). Jotta voitaisiin ymmärtää paremmin ilmastonmuutoksen aiheuttamat muutokset, on ymmärrettävä sen vaikutukset biologisiin muutoksiin (Gunderson, Tsukimura, & Stillman, 2017).

2.1. Fysikaaliset seuraukset

Ilmastonmuutoksen seurauksista tunnetaan parhaiten ilmaston lämpeneminen. Sillä on paljon seurauksia, kuten esimerkiksi häiriöt ravinteiden ja energian kiertokulussa (Gunderson ym., 2017). Ihmisen käyttäessä ravinteita viljelyksessä, ne tuottavat pahoja ongelmia valuessaan rannikkoalueille ja sitä kautta vesistöihin, joissa tuottavuus lisääntyy ja aiheuttaa rehevöitymistä (Møller, 2013). Sademäärien muutokset vaikuttavat vesistöihin, jolloin esimerkiksi kuivemmilla seuduilla tietyt järvet voivat kuivua kokonaan (Bellard ym., 2012). Gundersonin ym (2017) mukaan ilmastonmuutoksella on suoria ja epäsuoria vaikutuksia lajeihin, joista suorat vaikutukset ovat yleensä abioottisia muutoksia. Näitä ovat esimerkiksi muutokset hiilidioksidin määrässä, lämpötilan muutokset, ja elinympäristöjen muuttuminen käyttökelvottomiksi (Gunderson ym., 2017). Muita abioottisia muutoksia ilmastonmuutoksen myötä ovat esimerkiksi pH:n muutokset, sekä suolapitoisuudet merissä (Gunderson ym., 2017), joissa on havaittavissa myös lämpötilojen nousua ja happamoitumista (Bellard ym., 2012). Merten happamoitumisen ja lämpenemisen myötä koralliriutat häviävät hiljalleen (Bellard ym., 2012).

Ilmastonmuutoksen myötä maantieteelliset alueet ja biomit ovat levittäytymässä kohti pohjoista, jopa 0.6-5.4km/ vuodessa (Møller, 2013). Tästä ennusteena on, että boreaaliset metsät levittäytyvät kohti pohjoista ja täten syrjäyttävät tundrat (Bellard ym., 2012).

2.2. Fysikaalisten tekijöiden vaikutus eliöstöön

Ilmastonmuutos vaikuttaa yksilöön, populaatioon, lajiin, ekologisiin vuorovaikutussuhteisiin sekä ekosysteemeihin (Bellard ym., 2012). Bellardin ym (2012) mukaan ilmastonmuutos voi muuttaa kasvillisuutta ja biomien jakautumista eri alueilla, sekä vaikuttaa yksilön ja populaation kelpoisuuksiin, valintaan, sekä muuttoliikkeisiin. Näillä

kaikilla muutoksilla on vaikutusta ekosysteemien toimintaan ja niiden sietokykyyn (Bellard ym, 2012). Suuntaava valinta, sekä nopeat muuttoliikkeet vähentävät populaation geneettistä monimuotoisuutta (Bellard ym, 2012). Yksilötasolla ilmastonmuutoksen vaikutuksia on havaittu esimerkiksi geneettisessä monimuotoisuudessa, hedelmällisyydessä, alttiudella tauteihin, ja erilaisissa käyttäytymispiirteissä (Bellard ym, 2012). Bellard ym (2012) tuo ilmi, että tutkimukset keskittyvät yleensä isompiin mittakaavoihin, kuten lajiin tai populaatioon, jolloin yksilötason geneettiset muutokset ovat jääneet taka-alalle ja niistä ei ole vielä paljon tietoa.

Abioottiset muutokset voivat vaikuttaa yksilön tai lajin käyttäytymiseen, tai fysiologiaan (Gunderson ym, 2017). Gundersonin ym (2017) luettelemat käyttäytymisen muutokset koskevat esimerkiksi habitaatin valintaa, fenologiaa, aktiivisuutta, tai elintapojen muutoksia. Gunderson ym (2017) on luokitellut fysiologisiksi muutoksiksi seuraavat; aistien, hermojen, metabolian, stressin ja fenologian muutokset. Yhdessä näillä käyttäytymisen ja fysiologian muutoksilla on vaikutusta lajien vuorovaikutuksiin, sekä yhteisön että ekosysteemin prosesseihin (Gunderson ym, 2017).

Muuttoliikkeet, sekä yksilöiden ja populaatioiden muutokset tulevat vaikuttamaan eliöiden välisiin vuorovaikutussuhteisiin, sillä jos joku laji kokee ilmastonmuutoksen vaikutukset voimakkaina, se vaikuttaa epäsuorasti lajiin, joka on riippuvainen tästä lajista (Bellard ym, 2012). Bellardin ym (2012) tutkimuksen mukaan, jossa tutkittiin yli 9500 lajin vuorovaikutuksia, kävi ilmi, että jopa 6300 voisi kuolla sukupuuttoon sen vasteena, että laji, jonka kanssa se on vuorovaikutuksessa, häviää myös. Tästä esimerkkinä ovat esimerkiksi kasvien ja pölyttäjien väliset vuorovaikutukset, jolloin niiden olemassaolo riippuu suurimmilta osin toisistaan (Bellard ym, 2012) Ilmaston muuttuessa alueiden kasvillisuus muuttuu myös, jolloin biomien rajat muuttuvat ja tarjoavat erilaiset ravintomahdollisuudet muille eliöille. Tällä voi olla vaikutusta eliöiden sopeutumisessa uuteen ympäristöön. (Monzón, Moyer-Horner, & Palamar, 2011). Myös muut lajien väliset vuorovaikutussuhteet ovat uhattuna ilmastonmuutoksen myötä, kuten saalis ja saalistaja, isäntä ja loinen, sekä mutualistiset suhteet (Bellard ym, 2012).

Biomassan määrä tulee myös muuttumaan ekosysteemeissä, sillä ilmastonmuutos vaikuttaa tuottavuuteen ja systeemien toimintaan (Bellard ym, 2012). Bellardin ym (2012) mukaan lisääntyvät ääriolosuhteet kuten tulvat, sateet, maastopalot, myrskyt vaikuttavat kokonaisuudessaan biomien ja ekosysteemien toimintaan ja eliöiden habitaattien

muutoksiin. Äärimmäisten ilmasto-olosuhteiden, kuten tulvien, sateiden, syklonien ja myrskyjen vaikutuksia eliöstöön ei ole pystytty tutkimaan tarkasti, sillä nämä ilmiöt ovat harvinaisia (Møller, 2013). Møllerin (2013) mukaan näillä äärimmäisillä ilmiöillä tulee kuitenkin olemaan vaikutusta eliöstöön luonnonvalinnan kautta. Møller (2013) kertookin tutkimuksesta, jossa on todettu, että vuosina, jolloin äärimmäisiä ilmiöitä on ollut paljon, linnuilla on ollut jopa kolme kertaa enemmän epäonnistuneita lisääntymisjaksoja, sekä aikuisten lintujen säilyvyys on ollut matalampi.

Ilmaston lämpenemisen myötä, on ennustettu, että lämpötilat tulevat vaikuttamaan patogeenien leviämiseen yksilöiden, populaatioiden ja lajien välillä (Monzón ym, 2011). Nämä muutokset ovat eliöiden reagoimista ilmastonmuutokseen epäsuorasti (Gunderson ym, 2017). Muita ilmastonmuutoksen aiheuttamia epäsuoria vaikutuksia eliöstöön ovat Gundersonin ym (2017) mukaan petojen osuus ja vaikutus, kilpailu ja symbioosit. Joskus ilmastonmuutoksen suorat ja epäsuorat vaikutukset ovat vaikeita erottaa toisistaan. Gundersonin ym (2017) esimerkki epäsuorien ja suorien vaikutusten erottamisesta on se, jos ilmastonmuutos vaikuttaa epäsuorasti muuttolintuihin, ja sitä myötä peto-saalissuhteiden muodostumiseen lintujen uudella lisääntymisalueella.

2.3. Vaikutus lintuihin

Ilmastonmuutoksen on todettu vaikuttaneen monien lajien levinneisyyteen viimeisen 20 vuoden aikana. (Beale ym, 2013) Bellardin ym (2012) mukaan tutkimalla yli 9800 lintua on havaittu, että jopa 35% maailman linnuista ovat ilmastonmuutoksen suhteen erityisen herkkiä (Bellard ym, 2012). Tosin lintujen levittäytymisen muutoksiin vaikuttavat myös ilmastonmuutoksen ulkopuoliset tekijät ajallisesti ja alueellisesti; ravinnon saatavuus, ihmistoiminnan ja habitaattien häiriöt sekä käyttäytyminen (Triviño ym, 2018). Etenkin linnut, jotka eivät ole tottuneet ihmistoiminnan läheisyyteen, ovat vähentyneet viime vuosikymmenten aikana, johtuen siitä, että ihmistoiminta ulottuu yhä laajemmalle (Møller, 2013). Møller (2013) tuo ilmi, että vaikka ilmastonmuutos vaikuttaa kaikkiin lajeihin jollain tasolla, olisi syytä tarkastella etenkin niitä lajeja, joilla ilmastonmuutos vaikuttaa niiden monimutkaiseen elinkiertoon, tai jotka elävät erilaisessa ja uniikissa elinympäristössä. Myös lajit, joilla on vaihteleva vuosisykli, häiriintyvät ilmastonmuutoksen seurauksista. Tämä tarkoittaa, että lintujen habitaatit voivat vaihdella vuodenaikojen mukaan pesimäpaikasta riippuen (Møller, 2013). Linnuilla, kuten muillakin liikkuvilla lajeilla on se etu, että ne

voivat nopeasti kolonisoida uusia alueita sekä vaihtaa habitaattia (Møller, 2013). Näistä on hyötyä ilmastonmuutokseen sopeutumisessa (Møller, 2013). Møllerin (2013) mukaan lintujen levittäytymisessä kauemmas, voidaan odottaa lajien olevan geneettisesti monimuotoisempia.

Møller (2013) tuo artikkelissaan ilmi, että tutkimukset osoittavat lintujen lisääntymismenestyksen huonontuneen ilmastonmuutoksen myötä ja se on pienentänyt populaatiokokoja. Vuodenaikaismuutto on aikaistunut ja tämä on vaikuttanut suoraan populaatiokoon kasvuun (Møller, 2013). On todettu, että linnut pystyvät seuraamaan tarkasti ajallisia ja paikallisia lämpötilan muutoksia (Gaüzère, Jiguet, & Devictor, 2016).

Linnuilla, kuten muillakin eliöillä on havaittu fenotyyppistä joustavuutta ilmastonmuutokseen sopeutuessa (Møller, 2013). Joustavuus on tapa reagoida muutoksiin hyvin lyhyellä aikavälillä (Bellard ym., 2012). Bellardin ym (2012) mukaan joustavuutta voi ilmentyä morfologiassa, fysiologiassa tai käyttäytymisessä. Tämä näkyy monilla linnuilla siinä, että ne aikaistavat keväisin muuttoaan, kun havaitsevat lämpötilan nousevan aikaisemmin keväällä (Møller, 2013). Fenotyyppisen joustavuuden hyödyt ovat ne, että seuraavana vuonna yksilö käyttää hyväkseen tätä opittua tapaa ja fenologia kehittyy ja tätä myötä kasvattaa lisääntymismenestystä (Møller, 2013).

2.4. Sopeutuminen

Lajien vaihtoehdot ilmastonmuutokseen sopeutumisessa ovat rajalliset. Laji voi joko sopeutua ilmastonmuutokseen, muuttaa, tai pahimmassa tapauksessa kuolla sukupuuttoon. (Davis, Shaw, & Etterson, 2005) Joidenkin lajien eloonjääminen on mahdollista vain, jos ne pystyvät asuttamaan uusia alueita (Araújo ym, 2011). Araújo ym (2011) mukaan entisten asuinalueiden muuttuessa lajin kannalta käyttökelvottomiksi laji ei välttämättä selviä, kun taas jotkut lajit pystyvät jäämään entiselle alueelle sen säilyessä vain osaksi käyttökelpoisena. Etenkin tropiikissa muuttuvat ilmastolliset olosuhteet ajavat lajit vaihtoehtoisille habitaateille ja tätä myötä niiden elinympäristö kutistuu (Velásquez-Tibatá, Salaman, & Graham, 2013). Etenkin endeemisille, suppean levinneisyyden omaaville lajeille tällaiset muutokset ovat kohtalokkaita (Velásquez-Tibatá ym, 2013). Uudet levinneisyysalueet eivät välttämättä tarjoa lajille sen tarvitsemaa kelvollista elinympäristöä (Velásquez-Tibatá ym, 2013). Lajien vasteita ilmastonmuutokseen ovat niiden levinneisyysalueen laajeneminen, supistuminen, sekä elinhabitaattien väliset muutokset

(Triviño ym, 2018). Puhuttaessa lajien sopeutumisesta ilmastonmuutokseen, on tärkeää ottaa huomioon, kerkeääkö laji sopeutua tarpeeksi nopeasti jatkuvasti muuttuvaan ilmastoon (Bellard ym, 2012). Bellard ym (2012) toteaa, että nykyisten evoluutiotutkimusten perusteella on todettu mutaation ja valinnan vaikuttavan ympäristönmuutoksiin sopeutumisessa, jos lajin elinkaari on tarpeeksi lyhyt. Nykyisin sukupuuttoon kuoleminen todennäköisyys kasvaa, jos laji menettää sen nykyisen habitaatin kokonaan tai osittain (Bellard ym, 2012). Bellardin ym (2012) mukaan, myös populaatioiden pirstoutuminen kasvattaa sukupuuton riskiä.

Lajien sopeutumista ilmastonmuutokseen voidaan tarkastella kolmella eri tasolla: tila-, aika- ja yksilötasolla (Bellard ym, 2012). Tilatasolla tarkoitetaan eliöiden levittäytymistä, mutta se voi tapahtua paitsi isossa tilamittakaavassa, myös mikrohabitaateissa (Bellard ym, 2012). Bellardin ym (2012) mukaan levinneisyyden muutokset ovat helpoiten havaittavissa linnuilla, hyönteisillä, sekä meren selkärangattomilla niiden hyvän leviämiskyvyn vuoksi. Eliöiden tilalliset muutokset tapahtuvat, sillä eliöt yrittävät säilyttää mahdollisimman samankaltaiset ilmastolliset olot, joihin ovat tottuneet, mutta niiden sopeutuminen muihin abioottisiin tekijöihin voi olla joissain tapauksissa haastavaa (Bellard ym, 2012). Pienen populaatiokoon omaavat muuttolinnut kärsivät enemmän vaihtuvista kylmistä ilmasto-olosuhteista, kuin sellaiset lajit, jotka elävät rannikon läheisissä hyvissä ilmasto-olosuhteissa (Møller, 2013). Møller (2013) toteaa, että ilmastonmuutokseen sopeutumisessa lajit, joiden populaatiokoko on suuri ja joilla on mantereinen levinneisyys, selviävät paremmin, jos niillä on geneettistä vaihtelua. Lajeille on määritelty tietyt fysiologiset toleranssit, joiden avulla nykypäivän lajien levinneisyyksiä voidaan tarkastella, kun nämä lajikohtaiset toleranssit asetetaan kartalle (Davis ym, 2005). Lajit pysyvät niissä ympäristöissä, joihin ovat sopeutuneet, vaikka nämä ympäristöt siirtyisivät tilassa (Davis ym, 2005).

Eliöiden ajallisen akselin muutokset ovat niiden sopeutumista tekijöihin, joissa on havaittavissa syklistä muutosta, kuten lämpötila, auringon määrä, ja sateet, jotka vaihtelevat joko päivittäin, tai vuodenajoittain (Bellard ym, 2012). Näitä muutoksia ovat esimerkiksi muuttoliikkeet vuodenajoittain ja kasvien kukkiminen (Bellard ym, 2012). Jotta yksilö säilyttäisi energiaa eri ilmasto-oloissa, muutoksia voi tapahtua myös päivittäin käyttäytymis- tai toimintatavoissa (Bellard ym, 2012).

Lajit voivat sopeutua ilmastonmuutokseen myös yksilötasolla, sen sijaan että sopeutumista tapahtuisi tila- tai aika-akselilla (Bellard ym, 2012). Bellardin ym (2012) mukaan näillä yksilötason muutoksilla tarkoitetaan muutoksia yksilön fysiologiassa, jotka

eivät välttämättä ole huomattavissa yhtä hyvin kuin tilalliset tai ajalliset muutokset. Esimerkiksi vaihtolämpöisillä muutokset liikkeessä, kasvussa ja lisääntymisessä ovat tällaisia ilmiöitä (Bellard ym, 2012). Yksilötason muutokset voivat ilmetä myös käyttäytymisessä, ruokavaliossa, tai aktiivisuudessa (Bellard ym, 2012).

Davis ym (2005) esittävät tutkimuksessaan ajatteluketjun sopeutumisen nopeuden vaikutuksista populaatiotasolla. Populaation sopeutumisen nopeus vaikuttaa uusien alueiden kolonisaatioon, muuttoliikkeisiin, populaation kasvuun ja mahdollisesti sukupuuttoon, sekä esimerkiksi kasvien kasvuun, kuolleisuuteen ja täten tuottavuuteen. Ilmastonmuutokseen sopeutumista voidaan siis tarkastella ajallisesti, mutta Davis ym (2005) tuovat näkemyksen, että vaikka ilmastonmuutokseen sopeutuminen on mahdollista geneettisesti, on evoluutio silti paljon hitaampaa kuin ilmastonmuutoksen tuomien muutosten nopeus.

3. Suojelualueet

Suojelualueiden verkosto on biodiversiteetin suojelun kannalta tärkeimpiä käsitteitä (Hole ym, 2009). Euroopassa sijaitsee määrällisesti enemmän suojelualueita kuin missään muussa maanosassa (Araújo ym, 2011), mutta kooltaan suurimmat suojelualueet sijaitsevat Afrikassa ja Latinalaisessa Amerikassa (Melillo ym, 2016). Suurimmaksi osaksi maailman suojelualueet koostuvat metsistä, ja toiseksi yleisin ekosysteemityyppi on ruohostomaat (Melillo ym, 2016). Melillon ym (2016) arvioiden mukaan ihmistoiminta on vaikuttanut moneen suojelualueeseen, kuten esimerkiksi metsien hakkuut. Suojelualueiden tehtävänä on suojella biodiversiteettiä paineelta, joihin luonnon ja ihmistoiminnan muutokset asettavat ne. (Beale ym, 2013) Jos uhanalaiseen lajiin tai habitaattiin kohdistuvat uhat ja negatiiviset prosessit poistetaan tai niitä vähennetään, voidaan sanoa, että alueiden hoidossa ja ylläpitämisessä on onnistuttu (Gaüzère ym, 2016). Koska suojelualueet on suunniteltu siten, että niiden biodiversiteetti on korkea, niiden pitäisi olla joustavampia muutoksille kuin niiden ulkopuoliset alueet, joissa ihmistoiminnan vaikutus luontoa kohtaan on voimakasta (Beale ym, 2013). Suojelualueen tehokkuus perustuukin siihen, että ne ovat kaikista koskemattomin elinympäristö (Triviño ym, 2018). Suojelualueet ovat onnistuneet suojelemaan biodiversiteettiä esimerkiksi vieraslajeilta, ihmistoiminnalta, sekä habitaattien pirstoutumiselta (Gaüzère ym, 2016). Kuitenkaan näihin onnistuneisiin suojelutoimiin ei ole otettu huomioon ihmistoiminnan aiheuttamaa ilmastonmuutoksen tuomia muutoksia (Gaüzère ym, 2016).

Suojelualueiden ekosysteemien ja elinympäristöjen hoidon lisäksi on toivottavaa, että sen aktiivinen suojelu lieventäisi ilmastonmuutoksen vaikutuksia. (Araújo ym, 2011) Alueiden valinta tapahtuu kuitenkin ottamatta huomioon ilmastonmuutoksen vaikutusta, mutta niiden odotetaan ylläpitävän paremmat ilmastolliset mahdollisuudet lajeille, kuin suojelemattomien alueiden. (Araújo ym, 2011) Suojelutoiminnat pitäisi kuitenkin kohdistaa alueille, jolloin niistä on hyötyä ilmastonmuutoksen vaikutuksen minimoimisessa (Bellard ym, 2012). Olemassa olevien suojelualueiden tehokkuutta tulevaisuuden ilmasto-ongelmien minimisoinnissa on kritisoitu, sillä on todennäköistä, että niiden lajisto tulee muuttumaan ilmastonmuutoksen myötä (Triviño ym, 2018).

Lajien suojelemisen kannalta suojelualueet ovat parempia kuin Natura2000- alueet, vaikka ne on perustettu ylläpitämään biologista monimuotoisuutta pitkällä aikavälillä (Araújo ym, 2011). Natura2000 verkoston tavoitteena on säilyttää tärkeitä lajeja sekä habitaatteja

Euroopan tasolla (Triviño ym, 2018). On havaittu, että esimerkiksi kasvilajien suojelussa Natura2000-alueet eivät pysty pitämään yllä yhtä tehokasta suojelujärjestelmää kuin samankokoiset suojelualueet (Araújo ym, 2011). Araújon ym (2011) tutkimuksen perusteella Natura2000-alueet eivät tarjoa parempaa suojaa useimmille taksonomisille ryhmille kuin sen ulkopuoliset alueet. Vertaillen suojelualueita sekä Natura2000-alueita, täytyy ottaa huomioon niiden ilmastolliset eroavaisuudet, sillä useimmat suojelualueet sijaitsevat vuorilla tai karuilla alueilla (Araújo ym, 2011). Araújon ym (2011) mukaan Natura2000-alueet ovat sijoitettu yleensä viljelysmaille tai matalammille alueille. Ongelmaksi on muodostunut suojelualueiden rahoitus ja sitä myötä valvonta, joka vaikuttaa niiden tehokkuuteen (Melillo ym, 2016).

3.1. Suojelualueet ja ilmastonmuutoksen vaikutukset

Suojelualueilla sijaitsee hiilinieluja, joilla on rooli ilmastonmuutoksen hillinnässä (Melillo ym, 2016). Suojelualueet ovatkin tehokkaita säilyttämään metsämaata (Peach ym, 2019). Muita tärkeitä tehtäviä suojelualueiden sisällä ovat siellä tapahtuva kasvien pölytys, ravinteiden kierrätys, sekä vesistöalueiden suojelu (Melillo ym, 2016). Suojelualueilla fotosynteesi, sekä orgaanisen materiaalin kierrätys ja säilyttäminen ravintoketjuissa on muodostunut merkittäväksi osaksi ilmastonsuojelua, sillä fotosynteesin kautta kasvit käyttävät hyväksi ilmakehässä olevaa hiilidioksidia, joka on yksi merkittävimmistä ilmastonmuutosta aiheuttavista kasvihuonekaasuista (Melillo ym, 2016). Melillon ym (2016) mukaan ekosysteemit, jotka sitovat hiiltä toimivat tärkeinä hiilinieluina, ja noin viidesosa näistä ekosysteemeistä sijaitsee suojelualueilla. Maatalouden kehitys uhkaa suojelualueita, mutta myös samalla hiilen kiertokulkua (Melillo ym, 2016). Jos suojelualueita aletaan polttamaan maatalouden käyttöä varten, polttaminen ja raivaaminen yksistään vapauttavat ilmaan suojelualueiden sitoman hiilen määrän, ja sitä myötä kasvillisuuden määrän häviäminen vähentää tulevaisuuden hiilensidontakapasiteettia (Melillo ym, 2016).

Ilmastonmuutos on uhka olemassa oleville suojelualueille, sekä niiden tehokkuudelle (Hole ym, 2009). Erään tutkimuksen mukaan on ennustettu, että usean selkärangaisen eläimen sekä kasvilajin optimaaliset ilmasto-olosuhteet häviävät suojelualueilla vuoteen 2080 mennessä (Araújo ym, 2011). Ilmastonmuutoksen myötä paikkasidonnaiset suojelualueet tulevat varmasti käymään läpi muutoksia lajikoostumuksissa sekä lajirikkauksissa (Triviño ym,

2018). Triviñon ym (2018) mukaan tällaiset muutokset heijastelevat esimerkiksi lajien siirtymistä paikasta toiseen. Uhatuimpia ovat alueet, jotka ovat pinta-alaltaan pieniä, mutta niiden lajimäärät ovat suuret (Velásquez-Tibatá ym, 2013). Lisäksi biologisen monimuotoisuuden kannalta tärkeät ”kuumat pisteet” (hotspots), joissa elinympäristöt ovat monipuolisia, ovat erityisen herkkiä ilmastonmuutokselle (Velásquez-Tibatá ym, 2013). Ihmisten populaation kasvu, sekä suojelualueiden resurssien käyttö tulevaisuudessa ovat uhka etenkin Afrikan ja latinalaisen Amerikan suojelualueille (Melillo ym, 2016).

Suojelualueilla täytyy ottaa huomioon myös niiden maankäyttöhistoria (Melillo ym, 2016). Melillo ym (2016) tuo ilmi, että suojelualue, joka on nykyisin metsittynyt, on joskus voinut olla viljelysmaata ja tämä voi vaikuttaa hiilensidonnan määrään.

3.2. Suojelualueet ja lainsäädäntö

Euroopan Natura2000-alueilla niiden suojelua säädellään erilaisilla laeilla (Cliquet, 2014). Natura 2000-alueiden lainsäädännön ja perustan muodostavat kaksi direktiiviä; lintudirektiivi, sekä luontodirektiivi (Cliquet, 2014). Näiden direktiivien perusteella on luotu kaksi eri aluemallia, joista lintudirektiivi pätee erityissuojeltuihin alueisiin (SPA), joiden tarkoitus on ylläpitää ja säilyttää tärkeät habitaatit harvinaisten ja haavoittuvien lintujen hyväksi (Araújo ym, 2011). Toiset alueet toimivat luontodirektiivin alla, ja ovat erityisten suojelutoimien alueita (SCA), joiden tarkoitus on suojella muita kuin lintulajeja, kuten elinympäristöjä ja kasveja. Luontodirektiivin mukaan jokaisen jäsenvaltion on toteutettava tarvittavat toimenpiteet, jotta suojelun tavoitteet saavutetaan (Cliquet, 2014). Cliquetin (2014) mukaan näiden direktiivien ensisijainen tarkoitus on ylläpitää ja palauttaa lajien ja luontotyyppien niille sopiva suojelutila. Suomessa suojelualueisiin sovelletaan luonnonsuojelulakia, jonka tavoitteena on muun muassa ylläpitää luonnon monimuotoisuutta, maisema-arvoja, luonnonvarojen kestäväää käyttöä, sekä lisätä luonnontuntemusta sekä -tutkimusta (LSL 1:1§). LSL:n 3:10§ mukaan luonnonsuojelualueiksi luetaan mukaan kansallispuistot, luonnonpuistot ja muut luonnonsuojelualueet, joissa perustamisen edellytyksenä on, että siellä elää eliö, eliöyhteisö tai ekosysteemi, joka on uhanalainen tai harvinainen. Tässä samassa pykälässä säädetään, että perustamisedellytyksiä ovat myös alueen esteettinen arvo, sekä se, että tietty laji tai luontotyyppi säilyttää tai saavuttaa sille tarvittavan ja riittävän suojelutason. Cliquetin (2014) mukaan on tärkeää tutkia suojelualueisiin liittyvää lainsäädäntöä, ja sitä, kerkeääkö laki sopeutua ilmastonmuutoksen tuomiin nopeisiin muutoksiin. Tällä hetkellä

kansainväliset suojelulait ja Euroopan Unionin luonnonsuojelulaki eivät sisällä säännöksiä koskien ilmastonmuutosta ja suojelualueita, mikä on koettu ongelmaksi (Cliquet, 2014). Kuitenkin Cliquetin (2014) mukaan direktiivit tarjoavat hyvät pohjan sille, että suojelualueilla on mahdollista ylläpitää ekosysteemien sietokykyä ja täten jopa selviytyä ilmastonmuutoksen vaikutuksista. Tämän lisäksi Cliquet (2014) tuo ilmi, että EU:n politiikka pyrkii lainsäädännön ulkopuolella parantamaan yhtenäisiä ekologisia verkostoja ja niiden monimuotoisuutta ja joustavuutta, ja politiikan monet asiakirjat sisältävätkin säännöksiä ilmastonmuutoksesta ja suojelualueista. Esimerkiksi vuoden 2009 Valkoisessa Kirjassa Euroopan komissio korostaa, että Natura 2000- alueiden monimuotoisuuden säilyttäminen, lajien muuttoliikkeet ja niiden sopeutuminen ilmastonmuutokseen edellyttää sitä, että ilmastonmuutoksen vaikutukset on otettava huomioon (Cliquet, 2014).

4. Pohdinta

Odotettavissa on, että ilmastonmuutoksen myötä lintujen levinneisyysalueen muutokset lisääntyvät, jolloin suojelualueiden tehtävänä on osaltaan habitaattien uudelleenasuutuksesta (Triviño ym, 2018). Paikalliset ympäristöolosuhteet, sekä ekosysteemit ovat tässä tärkeämpiä kuin yksilön tai lajin erityispiirteet koskien lajien levittäytymistä (Møller, 2013).

Lintujen muuttoliikkeet vaikuttavat yksittäisten suojelualueiden, mutta myös suojelualueverkostojen mittakaavassa (Hole ym, 2009). Monien lintulajien levinneisyys muuttuu kohti pohjoisia leveysasteita (Beale ym, 2013). Lintujen levinneisyysmallien ennustukset viittaavat siihen, että osa lajeista on voinut lähteä olemassa olevilta suojelualueilta (Beale ym, 2013). Jos nämä ennusteet pitävät paikkansa, se tuo suuria haasteita suojelualueiden suunnittelussa, mutta jättää lajit myös haavoittuviksi ilmastonmuutoksen aiheuttamille uhille (Beale ym, 2013). Jos nykyiset suojelualueet eivät pysty täyttämään suojelutarkoituksiaan, mitä varten ne ovat perustettu, on niiden tilalle kehitettävä uusia suojelualueita, jotka vastaavat paremmin nykyiseen tilanteeseen liittyviä tarpeita (Beale ym, 2013). Jos lajit jättävät suojelualueet, voivat ne altistua muille ilmastonmuutoksen aiheuttamille uhille (Gaüzère ym, 2016).

On myös otettava huomioon, että suojelualueiden joustavuuden vuoksi on mahdollista keskittyä nykyisten alueiden säilyttämiseen, sen sijaan että perustetaan uusia suojelualueita uusiin tarpeisiin (Beale ym, 2013). Bealen ym (2013) mukaan suojelualueen hyvät abioottiset ominaisuudet mahdollistavat niiden käytön tulevaisuudessa. Suojelualueilla on yleensä omat suojeltavat ekosysteemit, ympäristöt ja lajinsa, mutta ilmastonmuutoksen hillintään luotujen strategioiden avulla on mahdollista keskittyä suojelussa kokonaiskuvaan, jolloin otetaan huomioon laajemmät suojelutavoitteet (Monzón ym, 2011). Monzón ym (2011) tutkimuksen avulla tämä tavoite saavutettaisiin, jos suojelualueista vastaavat maat keskittyisivät ilmastonmuutoksen tutkimiseen, kestävyyteen, sekä yhteistyöhön. Vaikka ilmastonmuutoksesta ja sen myötä lajien katoamisesta käydään paljon keskustelua, se keskittyy yleensä tapauskohtaisen lajin suojeluun (Bellard ym, 2012). Monessa tapauksessa kiinnitetään huomiota myös uhanalaisen lajin elinympäristöön, sekä sosioekonomisiin asioihin (Bellard ym, 2012). Vaikka suojelualueelta saattaa kadota ilmastonmuutoksen myötä lajit, joita suojelualue ensisijaisesti suojelee, varmistaa suojelualueen monimuotoisuus sen, että alue voi vastaisuudessa saada uusia ensisijaisia suojeltavia lajeja (Beale ym, 2013).

Lajit vastaavat ilmastonmuutoksen tuomiin muutoksiin niiden omalla toleranssillaan, joka tuo haasteita suojelualueille, sillä niiden toiminta pitäisi ulottua yhä laajemmalle lintujen muuttoliikkeiden myötä (Hole ym, 2009). Lajimäärien muutokset ja lajikoostumukset muuttuvat muuttoliikkeiden myötä, mutta positiivisena vaikutuksena suojelualueet saattavat saada monipuolisen ja suuremman lajikirjon alueelle (Hole ym, 2009). Vaikka lajikoostumukset ja -rikkaudet tulevat muuttumaan ilmastonmuutoksen myötä, niillä on silti tärkeä rooli tulevaisuudessakin (Triviño ym, 2018). Suojelualueiden on todettu tutkimusten perusteella toimivan ponnahduslautana (stepping stone) lajeille, joita ilmastonmuutos uhkaa ja joiden levinneisyys on muuttumassa (Beale ym, 2013).

Suuri haaste ilmastonmuutoksen myötä tulee olemaan se, kuinka varmistaa lajien liikkuminen alueilta toisille samalla ylläpitäen yksittäisten suojelualueiden tehokkuutta, niiden edustaessa ja ylläpitäessä ainutlaatuisia ja uniikkeja elinympäristöjä (Hole ym, 2009). Hole ym (2009) tutkimuksen ja siteeraamiensa tutkimusten perusteella on viisi vaihtoehtoista ratkaisumallia suojelualueiden toiminnan tehostamiseksi. Ensimmäisenä sen sijaan että maksimoitaisiin ja priorisoitaisiin yhden lajin edustavuus, olisi keskityttävä suojelualueiden koon ja määrän maksimointiin. Toinen keino on hallita ihmisten maankäyttötapoja, jolla suojeltaisiin monimuotoisuutta. Kolmantena tulisi keskittyä habitaattien kunnostukseen. Neljäntenä keinona pitäisi kiinnittää huomiota lajimäärien vaihtelun suuruuksiin alueittain tai globaalisti. Viimeiseksi Hole ym (2009) mukaan tulisi seurata hallintotoimien tehokkuutta ja toimia suojelualueiden ja ilmastonmuutokseen liittyvien päätösten osalta.

Suojelualueiden suunnittelussa on myös tärkeää ottaa huomioon niiden kasvillisuustyyppi, sillä esimerkiksi jos suurin osa suojelualueista on metsämaata, ruohosto- ja pensasmailla viihtyvien lintujen määrä suojelualueilla saattaa vähentyä (Peach ym, 2019). Peachin ym (2019) tutkimuksen mukaan habitaatteja pitäisi olla tarjolla suojelualueella kohtuullisesti. Hänen mukaansa suojelualueen koon kasvattaminen ei ole tarpeellista, jos habitaatteja ei ole saatavilla riittävästi. Peach ym (2019) kertoo tutkimuksessaan, että seuraavan sadan vuoden aikana on ennustettu, että 92% suojelualueista kokee uudet ilmastolliset olosuhteet.

Jotta suojelualueiden avulla voitaisiin hillitä ilmastonmuutoksen vaikutuksia, täytyisi lait päivittää, jotta luonnonsuojeluun ja suojelualueisiin liittyviin lakeihin yhdistettäisiin ilmastonmuutoksen vaikutukset ja niiden torjuminen. Ongelmana lakien säätämisissä on se, että ne ovat liian muuttumattomia ja tarkasti tulkittavia, kun taas ekologiset prosessit ovat

aktiivisia ja muuttuvia (Cliquet, 2014). Cliquetin (2014) mukaan muutos ei välttämättä tapahdu muuttamalla lakeja, vaan suojelun toteutukseen voitaisiin keskittyä paremmin. Cliquet (2014) tuo esille huolen siitä, että nykyisin suojelu keskittyy vain alueella olemassa oleviin lajeihin, kun mahdollisuus olisi suojella laajoja alueita, jotka voivat mahdollisesti tarjota jatkossa habitaatin myös muille lajeille.

Jotta suojelualueiden toimintaa voitaisiin parantaa, olisi kehitettävä yhteistyötä, sekä ratkaisuja suojelualueista ja ilmastonmuutoksen vaikutuksista tiettyihin suojelualueisiin, sekä niiden muutoksiin ja lajistoon (Monzón ym, 2011). Monzón ym (2011) kertoo artikkelissaan kansalaisten vapaaehtoisuudesta ja yhteistyöstä, jolla kerätään aineistoa esimerkiksi linnuista ja niiden levittäytymisestä suojelualueilla. Joillakin suojelualueilla tämä yhteistyö ja tutkimus on korvaamatonta, sillä yleensä suojelualueiden tutkimukset ovat aikaa vieviä ja rahoituksen puutteessa, jolloin vapaaehtoisten keräämä aineisto auttaa tutkimuksen tekemisessä (Monzón ym, 2011). Tällainen yhteistyö luo hyötyjä myös kansalaisille, jolloin vapaaehtoiset oppivat ymmärtämään globaalia muutosta biologian kannalta, sekä saavat tietoa tieteellisistä prosesseista (Monzón ym, 2011). Monzón ym (2011) korostaa artikkelissaan ihmisten ja kansalaisten kouluttamista ja tiedottamista suojelualueilla, sillä on tärkeää, että suojelualueiden toiminta pysyy hyvänä eliöstölle, eikä esimerkiksi vierailijoiden toimet suojelualueella vaaranna niitä. Ihmistoiminnan aiheuttaman ilmastonmuutoksen torjumisessa, on tärkeää, että toimillaan ihminen ei aiheuta lisää vahinkoa kattavien suojelutoimien rikkomiseksi.

Suojelualueiden tehokkuutta voidaan testata, mutta se on aikaa vievää, sillä aineistoa tarvitaan samanaikaisesti uusista kolonisaatioista ja sukupuutoista suojelualueiden sisällä, sekä niiden ulkopuolisilta alueilta, mutta myös useilta lajeilta (Bellard ym, 2012) Peachin ym (2019) mukaan samaan aikaan on tarvittava aineistoa pitkältä aikajaksolta, jotta voidaan ottaa huomioon ympäristön muutokset. Samanaikaisesti ilmastonmuutoksen vaikutuksia biodiversiteettiin tutkitaan, ja onkin ennustettu, että tulevien vuosikymmenten aikana ilmastonmuutos tulee vaikuttamaan habitaattien vähenemiseen (Bellard ym, 2012). Bellardin ym (2012) mukaan useat tutkimukset, niiden tulokset ja lähestymistavat vaikeuttavat biodiversiteetin muutosten kokonaisvaltaista arviointia.

Ihmistoiminnan muokkaamassa ympäristössä suojelualueet ovat eniten koskematon ympäristö, joten niiden oletetaan olevan merkittävässä roolissa sopeutumisessa ilmastonmuutoksen tuomiin muutoksiin (Triviño ym, 2018). Suojelualueet pystyvät

lieventämään monia ilmastonmuutoksen tuomia häiriötekijöitä (Gaüzère ym, 2016). Gaüzèren ym (2016) mukaan pystyttiin selvittämään, että linnut, jotka hyödynsivät suojelualueita, olivat vähemmän herkkiä ilmastonmuutokselle. Kaiken kaikkiaan Gaüzèren ym (2016) tutkimus ilmensi sen, että suojelualueet toimivat tärkeinä turvapaikkoina linnuille ja lintupopulaatioille, jotka kärsivät ilmastonmuutoksen vaikutuksista. Myös lajimäärät ja -rikkaudet on todettu olevan runsaampia suojelualueilla verrattuna niiden ulkopuolisiin alueisiin (Peach ym, 2019). Suojelualueiden rooli lintupopulaatioille on merkittävä, sillä ne vähentävät sukupuuttoriskiä, sekä helpottavat uusien alueiden asuttamista (Peach ym, 2019). Kuitenkaan, emme voi olettaa, että suojelualueet pystyisivät toimimaan kaikille lajeille pitkäaikaisena habitaattina ja näin säilyttämään niiden olemassaoloa (Peach ym, 2019).

5. Lähteet

- Araújo, M. B., Alagador, D., Cabeza, M., Nogués-Bravo, D., & Thuiller, W. (2011). Climate change threatens European conservation areas. *Ecology Letters*, 14(5), 484–492. doi: 10.1111/j.1461-0248.2011.01610.x
- Beale, C. M., Baker, N. E., Brewer, M. J., & Lennon, J. J. (2013). Protected area networks and savannah bird biodiversity in the face of climate change and land degradation. *Ecology Letters*, 16(8), 1061–1068. doi: 10.1111/ele.12139
- Bellard, C., Bertelsmeier, C., Leadley, P., Thuiller, W., & Courchamp, F. (2012). Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecology Letters*, 15(4), 365–377. doi: 10.1111/j.1461-0248.2011.01736.x
- Cliquet, A. (2014). International and European Law on Protected Areas and Climate Change: Need for Adaptation or Implementation? *Environmental Management*, 54(4), 720–731. doi: 10.1007/s00267-013-0228-0
- Davis, M. B., Shaw, R. G., & Etterson, J. R. (2005). Evolutionary responses to changing climate. *Ecology*, 86(7), 1704–1714. doi: 10.1890/03-0788
- Gaüzère, P., Jiguet, F., & Devictor, V. (2016). Can protected areas mitigate the impacts of climate change on bird's species and communities? *Diversity and Distributions*, 22(6), 625–637. doi: 10.1111/ddi.12426
- Gunderson, A. R., Tsukimura, B., & Stillman, J. H. (2017). Indirect effects of global change: From physiological and behavioral mechanisms to ecological consequences. *Integrative and Comparative Biology*, 57(1), 48–54. doi:10.1093/icb/icx056
- Hole, D. G., Willis, S. G., Pain, D. J., Fishpool, L. D., Butchart, S. H. M., Collingham, Y. C., ... Huntley, B. (2009). Projected impacts of climate change on a continent-wide protected area network. *Ecology Letters*, 12(5), 420–431. doi: 10.1111/j.1461-0248.2009.01297.x
- Luonnonsuojelulaki 20.12.1996/1096
- Melillo, J. M., Lu, X., Kicklighter, D. W., Reilly, J. M., Cai, Y., & Sokolov, A. P. (2016). Protected areas' role in climate-change mitigation. *Ambio*, 45(2), 133–145. doi: 10.1007/s13280-015-0693-1
- Møller, A. P. (2013). Biological consequences of global change for birds. *Integrative Zoology*, 8(2), 136–144. doi: 10.1111/1749-4877.12006

- Monzón, J., Moyer-Horner, L., & Palamar, M. B. (2011). Climate change and species range dynamics in protected areas. *BioScience*, 61(10), 752–761. doi: 10.1525/bio.2011.61.10.5
- Peach, M. A., Cohen, J. B., Frair, J. L., Zuckerberg, B., Sullivan, P., Porter, W. F., & Lang, C. (2019). Value of protected areas to avian persistence across 20 years of climate and land-use change. *Conservation Biology*, 33(2), 423–433. doi: 10.1111/cobi.13205
- Triviño, M., Kujala, H., Araújo, M. B., & Cabeza, M. (2018). Planning for the future: identifying conservation priority areas for Iberian birds under climate change. *Landscape Ecology*, 33(4), 659–673. doi: 10.1007/s10980-018-0626-z
- Velásquez-Tibatá, J., Salaman, P., & Graham, C. H. (2013). Effects of climate change on species distribution, community structure, and conservation of birds in protected areas in Colombia. *Regional Environmental Change*, 13(2), 235–248. doi: 10.1007/s10113-012-0329-y